



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09288205 A**(43) Date of publication of application: **04.11.97**

(51) Int. Cl.
G02B 5/18
G02B 6/10
G02B 6/34

(21) Application number: **08098880**(22) Date of filing: **19.04.96**(71) Applicant: **FUJIKURA LTD**

(72) Inventor:
NAKAI MICHIIRO
SHIMA KENSUKE
HIDAKA HIROMI
OKUDE SATOSHI
SUDO MASAOKI
SAKAI TETSUYA
WADA AKIRA
YAMAUCHI RYOZO

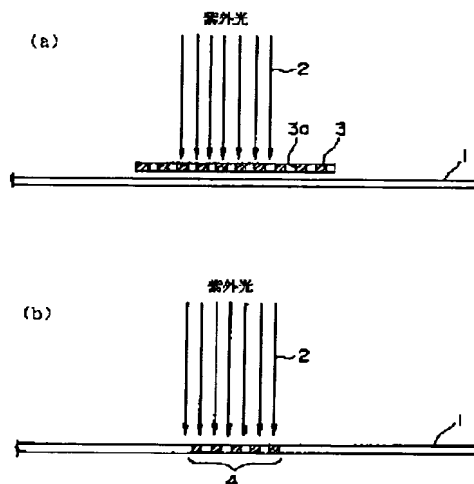
(54) **PRODUCTION OF OPTICAL WAVEGUIDE
 GRATING**

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To precisely and easily control grating characteristics.

SOLUTION: Grating parts 4 are formed by irradiating an optical fiber 1 formed by consisting of its core of quartz glass added with germanium oxide via a mask 3 having slits 3a of prescribed intervals with UV light 2. The grating parts 4 are thereafter irradiated the UV light 2 over the entire part thereof, by which the effective refractive index of the core is changed. The central wavelength of the prohibition zone of the gratings is thereby adjusted.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-288205

(43) 公開日 平成9年(1997)11月4日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B	5/18		G 0 2 B	5/18
	6/10			6/10
	6/34			6/34
				C

審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平8-98880

(22) 出願日 平成8年(1996)4月19日

(71) 出願人 000005186

株式会社フジクラ

東京都江東区木場1丁目5番1号

(72) 発明者 中居 道弘

千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジクラ佐倉工場内

(72) 発明者 島 研介

千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジクラ佐倉工場内

(72) 発明者 日高 啓▲視▼

千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジクラ佐倉工場内

(74) 代理人 弁理士 志賀 正武

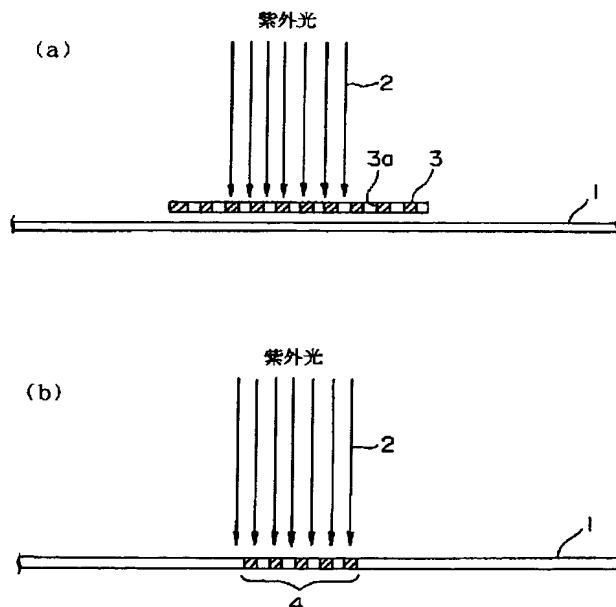
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光導波路グレーティングの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 光導波路グレーティングを製造する際に、グレーティング特性を精密に、かつ容易に制御できるようにする。

【解決手段】 コアが酸化ゲルマニウム添加石英ガラスからなる光ファイバ1に、所定の間隔のスリット3aを有するマスク3を介して紫外光2を照射して、グレーティング部4を形成する。この後グレーティング部4全体に紫外光2を照射することによってコアの実効屈折率を変化させ、これによってグレーティングの阻止帯域の中心波長を調整する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 コアが紫外光照射によって屈折率が変化する材料からなる光導波路に、所定の間隔で紫外光を照射してグレーティング部を形成するグレーティング形成工程と、グレーティング部形成後にグレーティング部全体に対して紫外光を照射する全体露光工程を有することを特徴とする光導波路グレーティングの製造方法。

【請求項2】 前記グレーティング形成工程に先立って、前記光導波路に水素添加処理を行い、かつ該グレーティング形成工程後、前記全体露光工程前に脱水素処理を行うことを特徴とする請求項1記載の光導波路グレーティングの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光導波路グレーティングの製造方法に係り、特にグレーティング特性を容易に制御できるようにした光導波路グレーティングの製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】光導波路グレーティングは、光ファイバ又は平面型光導波路の長さ方向に、一定の周期的な変化、例えばコア屈折率の周期的な変化を形成することによって得られる。一般にグレーティングには、放射モード結合型と反射モード結合型があり、放射モード結合型グレーティングは、コアを伝搬するモードとクラッドを伝搬するモードとを結合させることによって、特定波長の光を光導波路外に放射して減衰させる特性が得られるようにしたものである。また反射モード結合型グレーティングは、コアを正の方向に伝搬するモードと、コアをこれとは反対の方向（負の方向）に伝搬するモードとを結合させることによって、特定波長の光を反射させる特性が得られるようにしたものである。

【0003】例えば、光ファイバにおいて実現されてい *

* るグレーティングの場合、放射型グレーティングはコアの屈折率変化の周期（以下、グレーティングピッチということがある）を数百 μm にすることによって得られ、反射型グレーティングは、グレーティングピッチを1 μm 程度とすることによって得られている。

【0004】放射モード結合型グレーティングにあつては、例えば図4に示すような波長-透過損失特性（透過スペクトル）が得られ、特定の波長帯の光の透過損失が選択的に大きくなっている。この透過損失が増加している波長帯の幅を阻止帯域幅、その中心の波長を阻止帯域の中心波長、透過損失の変化の大きさを阻止率という。また反射モード結合型グレーティングにあつても、例えば図4と同様な波長-透過損失特性（透過スペクトル）が得られ、放射モード結合型グレーティングの場合と同様に、反射光強度が選択的に増加している波長帯の幅を阻止帯域幅、その中心の波長を阻止帯域の中心波長、反射光強度の変化の大きさを阻止率という。

【0005】そして、これらのグレーティング特性は、グレーティングの各パラメータ、すなわちコア屈折率の変化量、グレーティングピッチ、グレーティング形状（コア屈折率変化のプロファイル）、光ファイバ長さ方向におけるグレーティング長、実効屈折率などによって変化することが知られている。下記表1はグレーティングにおける各パラメータがグレーティング特性に及ぼす影響を表にまとめたものである。表中、×は影響なし、○は影響あり、△は影響が小さいことをそれぞれ示している。また↑（↓）はパラメータの値が増大すると、それに応じてグレーティング特性の値が増大（減少）することを示している。特に、光導波路グレーティングを光部品として光通信システム等に用いる場合にはその中心波長と阻止率の精密な制御が重要である。

【0006】

【表1】

パラメータ	中心波長	阻止率	帯域幅
屈折率変化量	○↑	○↑	×
グレーティングピッチ	○↑	△	×
グレーティング形状	○	○	×
グレーティング長	×	○↑	○↓
実効屈折率	○↑	×	×

【0007】ところで、光導波路にコア屈折率の周期的変化を生じさせてグレーティングを作製する方法としては、ゲルマニウムが添加された石英ガラスに強い紫外光を照射すると、その照射量に応じて屈折率が上昇する現象を利用する方法が知られている。例えば、コアに酸化ゲルマニウムが添加された石英系光ファイバを、水素加圧容器中（100atm）で水素添加処理した後、これに、一定間隔で光を透過するスリットが形成されたホトマスクを介して紫外光を照射する方法が、比較的効率の良い方法として知られている。これによれば、光ファイバのうちスリット直下の紫外光が照射された部分のみ、

※ コアの屈折率が上昇するので、コア屈折率が周期的に変化しているグレーティング部が形成される。

【0008】しかしながら、この従来の製造方法においてはマスクの形状と紫外光の照射条件によってグレーティング特性を制御しなければならないが、中心波長と阻止率とをそれぞれ独立に制御することができないことから、これらの制御は複雑であった。例えば、上記の製造方法においてはグレーティング部形成に先立って、好適なマスクの形状（グレーティングピッチ、グレーティング形状）および紫外光の照射条件（紫外光強度、照射時間）を割り出す必要があった。そして、使用するマスク

の形状を決めるのにも、1つのマスクに対していくつかの照射条件で試作してみて、得ようとする中心波長と阻止率とが同時に得られなければ、マスクの形状を変えて照射条件の試行を行うといった作業を繰り返さなければならず、マスクの選定および照射条件の割り出し作業に多くの時間を費やしていた。特に放射モード結合型のグレーティングにおいては、コアの屈折率変化量に対する中心波長の変化量が大きいため、中心波長および阻止率をそれぞれ所望の値に制御するためには、何枚かのマスクを使用する必要があるなど、容易ではなかった。また、添加された水素の脱水素化処理を行うまでは屈折率変化量が経時的に変化するため、すなわち透過特性（中心波長および阻止率）が経時的に変化するため、紫外光照射作業中の透過特性のモニター制御が困難であった。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】よって、この発明における課題は、光導波路グレーティングを製造する際に、グレーティング特性を精密に、かつ容易に制御できるようにすることにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するために請求項1に係る発明は、コアが紫外光照射によって屈折率が変化する材料からなる光導波路に、所定の間隔で紫外光を照射してグレーティング部を形成するグレーティング形成工程と、グレーティング部形成後にグレーティング部全体に対して紫外光を照射する全体露光工程を有することを特徴とする光導波路グレーティングの製造方法である。また請求項2に係る発明は、前記グレーティング形成工程に先立って、前記光導波路に水素添加処理を行い、かつ該グレーティング形成工程後、前記全体露光工程前に脱水素化処理を行うことを特徴とする請求項1記載の光導波路グレーティングの製造方法である。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、本発明を詳しく説明する。図1は、本発明の光導波路グレーティングの製造方法の一実施例を工程順に示した説明図である。また図2は本発明に係るグレーティング部のコア屈折率プロファイルの例を模式的に示したグラフであり、(a)はグレーティング形成直後のコア屈折率プロファイル、(b)は製造された光導波路グレーティングのコア屈折率プロファイルをそれぞれ示す。ここでは光導波路の例として光ファイバを用い、放射モード結合型光ファイバグレーティングを製造する例を挙げて説明する。図中符号1は光ファイバ、2は紫外光、3はマスクをそれぞれ示している。

【0012】光ファイバ1は、コアと、コアよりも低屈折率のクラッドとからなるものである。光ファイバ1のコアは、紫外線が照射されたときに、その紫外線強度および照射時間に応じて屈折率が変化する材料で構成され、好ましくは、少なくとも酸化ゲルマニウムが添加さ

れた石英ガラスからなっている。光ファイバ1のコアには酸化ゲルマニウム以外にアルミニウム、エルビニウム、チタン等が適宜添加されていてもよい。光ファイバ1のクラッドは石英系ガラスからなり、例えば純石英ガラス、あるいはフッ素添加石英ガラス等が好ましく用いられる。光ファイバ1のコアおよびクラッドは所定の比屈折率差および屈折率プロファイルを有するように、周知の各種手法を用いて製造される。一般に光ファイバグレーティングに用いられる光ファイバ1の場合、コアには酸化ゲルマニウムが3~40%程度添加されており、

10 コアークラッド比屈折率差は0.3~6%程度に設定される。光ファイバ1としては、例えば光ファイバ心線等の被覆層を必要に応じて除去したものでよく、あるいは線引により製造された光ファイバであって被覆層が形成される前段階のものを用いてもよい。

【0013】紫外光2の波長は200~300nm程度が好ましく、光源としては、例えばKrFレーザ（波長248nm）が好適に用いられる。ここから出射される紫外光は適宜の光学系（図示せず）を用いてスポット径を調整した後、マスク3および光ファイバ1に対して照射されるように構成されている。

【0014】マスク3は、紫外光2を透過せず、かつ紫外光2によって損傷を受け難い材質からなり、例えばステンレス等の金属が好適に用いられる。マスク3には、一定幅の複数のスリット3aが一定間隔で平行に形成されている。マスク3におけるスリット3aの幅および隣り合うスリット3a間の間隔は、これによってグレーティングピッチが変化するので、得ようとするグレーティング特性に応じて適宜設定される。本実施例では放射モード結合型としての特性を得るために、グレーティングピッチは数十~数百μm程度の範囲内で好ましく設定される。またグレーティング長は5~20mm程度に好ましく設定される。

【0015】さて、光ファイバグレーティングを製造するには、まず光ファイバ1を用意し、好ましくは、紫外光2の照射に先立って水素添加処理を行う。コア中のゲルマニウム濃度がせいぜい数%以下である光ファイバにあっては、紫外光照射によるコア屈折率変化を十分に得るためには予め水素添加処理を行うことが好ましい。この水素添加処理は、例えば光ファイバ1を、100atm、50℃程度に調整された水素加圧容器中に48時間程度保持することによって達成される。ただしこの水素添加処理は必須ではなく、コア中のゲルマニウム濃度が30%程度で、光ファイバグレーティングの阻止率が比較的低くてもよい場合等には、これを行わない構成とすることもできる。

【0016】次いで図1(a)に示すように、光ファイバ1をマスク3の直下に設置する。このとき、光ファイバ1の長さ方向とマスク3のスリット3aの幅方向とが正確に平行になるように設置する。また光ファイバ1と

マスク 3 との距離は 0 ～ 1 mm 程度に好ましく設定される。次にマスク 3 の上方から、紫外光 2 をマスク 3 および光ファイバ 1 に対して照射する。これにより紫外線 2 が照射された部分のみ光ファイバ 1 のコアの屈折率が增大するので、図 2 (a) に示すように、コア屈折率が周期的に変化しているグレーティング部 4 が形成される。このときマスク 3 および光ファイバ 1 に対して照射される紫外光 2 のスポット径は、これによってグレーティング長が変化するので、好適な帯域幅が得られるように設定される。またマスク 3 および光ファイバ 1 に対して照射される紫外光 2 の強度および照射時間は、これによって光ファイバ 1 におけるコア屈折率の変化量 (図 2 中、A で示す) が変化する。本発明においては、後述するようにグレーティング部 4 形成後に中心波長を調整することができるので、ここでは、光ファイバ 1 の透過特性をモニターしながら、所望の阻止率が得られるように紫外光 2 の強度および照射時間を設定することができる。ここで阻止率は、後述するように脱水素工程まで経時的に変化するが、その変化率は中心波長の経時変化に比べて充分小さく、又脱水素工程がすぐ次の工程で行われるため、阻止率の実効的な経時変化は無視できる。従って上記の、グレーティング部形成時のモニター制御は有効なものとなる。

【0017】このようにしてグレーティング部 4 を形成した後、好ましくは光ファイバ 1 中の水素を脱離させる。この脱水素工程は、例えば光ファイバ 1 を常温～100℃の温度条件下に数日間放置することによって行われる。この脱水素工程は、紫外光照射に先立って光ファイバに添加された水素自体に起因して屈折率変化が生じ、グレーティング部 4 作製後に阻止率が経時的に変化するのを防止するのに有効である。

【0018】この後、図 1 (b) に示すようにマスクを用いず、グレーティング部 4 全体に対して紫外光 2 を直接照射する。これにより、紫外線 2 が照射された部分のコアの屈折率が全体的に増大するので、図 2 (b) に示すように、グレーティング部 4 のコア屈折率が全体的にほぼ一様に増大し、かつグレーティング部 4 内におけるコア屈折率変化量 A は全体露光前と変わらないコア屈折率プロファイルが得られる。そして、このようにグレーティング部 4 におけるコア屈折率を全体的に変化させることによって、グレーティング部 4 におけるコアの実効屈折率を変化させることができるので、これにより中心波長特性を調整することができる。実効屈折率を増大させれば、中心波長は長波長側へと変化する。

【0019】このとき光ファイバ 1 に対して照射される紫外光 2 のスポット径は、グレーティング部 4 全体にほぼ均一に紫外光を照射できればよいが、好ましくはグレーティング部 4 作製時のスポット径と等しく設定される。またグレーティング部 4 全体に照射される紫外光 2 の強度および照射時間は、これによってグレーティング

部 4 全体における一様なコア屈折率の変化量 (図 2 中、B で示す) が変化する。したがって、光ファイバ 1 の透過特性をモニターしながら、所望の中心波長が得られるように紫外光 2 の照射条件を設定することができる。またこのとき、グレーティング部 4 全体に対して紫外光 2 を照射することによって、グレーティング部 4 内に既に形成されていたコア屈折率変化量 A の大きさは変化しないので、阻止率が変化することはない。

【0020】ここで、上記したように、ゲルマニウムが添加された石英系光ファイバに紫外光を照射することによって屈折率を十分に変化させるためには、予めコアに水素を添加しておくことが必要である。したがって、通常は、脱水素工程により水素を脱離した後では紫外光を照射しても屈折率変化が生じなくなるが、本実施例のように、一旦、紫外光が照射されて屈折率変化を生じたゲルマニウム添加光ファイバについては、水素脱離後も紫外光照射によって屈折率を変化させることができる。これまでの実験結果では、数分間のレーザ光照射により、中心波長を +20 nm 以上変化させることができる程、十分にコア屈折率を増大させることができることが認められている。

【0021】本実施例の製造方法によれば、グレーティング部 4 の作製時に阻止率を、またその後の全体露光時に中心波長を、それぞれ独立に調整することができるので、グレーティング特性を精密に、かつ容易に制御することができる。またグレーティング部 4 形成後に脱水素工程を行い、この後にグレーティング部 4 全体に対する紫外光照射による中心波長の制御を行えば、脱水素工程を経た後に全体露光工程が行われるので、全体露光工程後にコアの屈折率の経時的変化は生じず、光ファイバグレーティングの透過特性が変化することはない。従って、全体露光工程でモニターした透過特性は経時的に変化しないので、全体露光時の紫外光照射条件による中心波長のモニター制御が有効となる。よってグレーティング部形成時に阻止率のモニター制御を行い、全体露光時に中心波長のモニター制御を行うことが可能となり、阻止率と中心波長とを独立にかつリアルタイムで制御することが可能となるので、高精度の透過特性を有する光ファイバグレーティングが得られる。さらに、光ファイバグレーティングの阻止率および中心波長が、光ファイバグレーティング製造後に経時的に変化するのを防止することができ、信頼性に優れた光ファイバグレーティングが得られる。

【0022】また従来は、中心波長および阻止率を調整するために複数のマスクを使用して複数回紫外光を照射する必要があったが、本実施例の製造方法によれば、グレーティング部 4 作製時に 1 枚のマスクを使用して紫外光を照射するだけで済む。またグレーティング部 4 形成時には、同一のマスクを用いてグレーティング部 4 を大量に作製することも可能であるので、製造コストの低減

および製造時間の短縮を達成することができる。さらに、従来は使用するマスクの形状を決めるのに、1つのマスクに対していくつかの照射条件で試作してみて、得ようとする中心波長と阻止率とが同時に得られることができるかを確かめる必要があり、マスクの選定および照射条件の割り出し作業に多くの時間を費やしていたが、本実施例の製造方法では、この作業を省略することができる。したがって本実施例の製造方法では、グレーティング部4に対する全体露光工程が新たに必要になるものの、条件割りだしに要する時間に比べて、全体露光工程は非常に短くて済むので、製造時間の大幅な短縮を達成できる。

【0023】

【実施例】

(実施例1) 図1に示した方法を用いて放射モード結合型光ファイバグレーティングを製造した。ここで得ようとするグレーティング特性は、中心波長1555.9nm、阻止率1.2dB、阻止帯域幅10nmである。まず、コアが、GeO₂が4mol%添加された石英ガラスからなり、クラッドが石英ガラスからなる光ファイバを用意した。次に、この光ファイバを、100atm、50℃程度に調整された水素加圧容器中に68時間保持して水素添加処理を行った。次いで図1(a)に示すように、光ファイバをマスクの直下に設置し、光源としてKrFレーザを用いて、マスクの上から波長248nmの紫外光を照射してグレーティング部を形成した。グレーティングピッチΛは383μmとし、グレーティング長は11mmとした。この紫外光の照射は、光ファイバの透過特性をモニターしながら行った。レーザ光のエネルギー密度を1mJ/mm²とし、20分間照射したところで、中心波長1553.89で阻止率が1.2dBとなった。このとき得られた透過スペクトルを図3に実線で示す。ここでの阻止帯域幅は10nmであった。この後、この光ファイバを80℃の温度下に48時間保持して脱水素を行った。続いて、図1(b)に示すように、光ファイバのグレーティング部が形成されている部分全体に波長248nmの紫外光を照射した。この紫外光の照射は、光ファイバの透過特性をモニターしながら行った。レーザ光のエネルギー密度を2mJ/mm²とし、6分間照射したところで、中心波長が1555.9nmとなった。このようにして得られた光ファイバグレーティングの透過スペクトルを図3に破線で示す。この図に示されるように、放射モード結合型グレーティングとしての特性を有しており、最終的な阻止率は1.3dB、阻止帯域幅は10nmであった。

【0024】尚、上記の実施例では、グレーティング部を形成する方法として、マスクを使用して紫外光を照射する方法を用いたが、グレーティング部の形成工程はこれに限られない。すなわち、コアが紫外光照射によって屈折率変化が変化する材料からなる光導波路に対して、

紫外光を照射してグレーティング部を形成する方法であれば、任意の方法を用いることができる。例えば、光導波路に対して、グレーティングピッチに合わせて小さいスポットサイズに絞った紫外光を、一定間隔で順次照射していくことによってグレーティング部を形成する方法を用いることもできる。そして本実施例と同様に、グレーティング部形成時に帯域幅と阻止率を調整し、グレーティング部形成後に、グレーティング部全体に紫外光を照射して中心波長を調整することによって、グレーティング特性を精密に、かつ容易に制御することができる。

【0025】また上記の実施例では、放射モード結合型の光ファイバグレーティングを製造する方法を例に挙げて説明したが、放射モード結合型のグレーティングに限らず、反射モード結合型のグレーティングを製造する場合にも、本発明の方法は同様に適用可能である。ただし、放射型グレーティングにおいては、コアの屈折率変化に対する中心波長の変化の度合いが大きいので、従来の方法におけるグレーティング作製時の特性制御の困難さは反射モード結合型グレーティングより大きく、したがって本発明の製造方法によってこれを解決することによる効果も大きい。また光ファイバグレーティングに限らず、光導波路として平面型光導波路を用いる場合でも、本発明の製造方法を同様に適用することが可能である。

【0026】

【発明の効果】以上説明したように本発明の請求項1記載の発明は、コアが紫外光照射によって屈折率が変化する材料からなる光導波路に、所定の間隔で紫外光を照射してグレーティング部を形成するグレーティング形成工程と、グレーティング部形成後に該グレーティング部全体に対して紫外光を照射する全体露光工程を有することを特徴とする光導波路グレーティングの製造方法である。したがって、グレーティング部形成後に全体露光することによって、グレーティング部の実効屈折率を変化させ、これにより阻止率を変化させずに中心波長のみを調整することができる。よって、グレーティング特性を精密に、かつ容易に制御することができる。また、グレーティング形成後に、中心波長の調整が可能できるので、グレーティング形成前に時にすべての特性を制御していた従来の方法に比べて、グレーティング形成前に決める製造条件の精度が緩和される。したがって、従来は非常に多くの時間を費やしていた製造条件の割り出し作業を大幅に短縮することができ、製造効率の向上、製造コストの削減を図ることができる。

【0027】また請求項2記載の発明は、前記グレーティング形成工程に先立って、前記光導波路に水素添加処理を行い、かつ該グレーティング形成工程後、前記全体露光工程前に脱水素処理を行うことを特徴とする請求項1記載の光導波路グレーティングの製造方法である。したがって、グレーティング部を効率良く形成できるとと

もに、グレーティングの阻止率および中心波長がともに高精度に制御でき、かつ光導波路グレーティング製造後に経時的に変化するのを防止することができ、信頼性に優れた光導波路グレーティングが得られる。

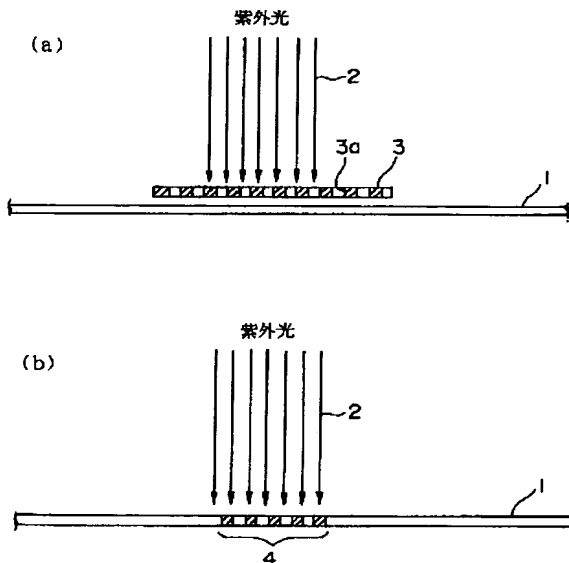
【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の製造方法の一実施例を示すもので、(a)はグレーティング形成工程、(b)は全体露光工程をそれぞれ示す。

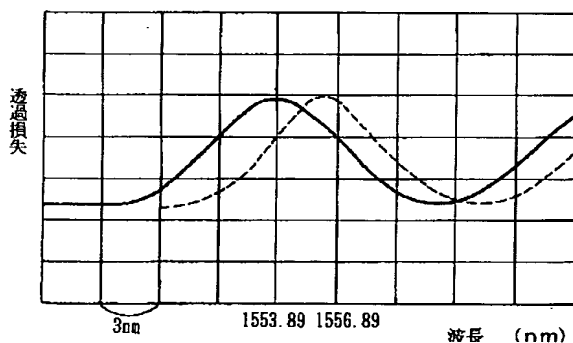
【図2】 本発明に係るグレーティング部のコア屈折率 *

10

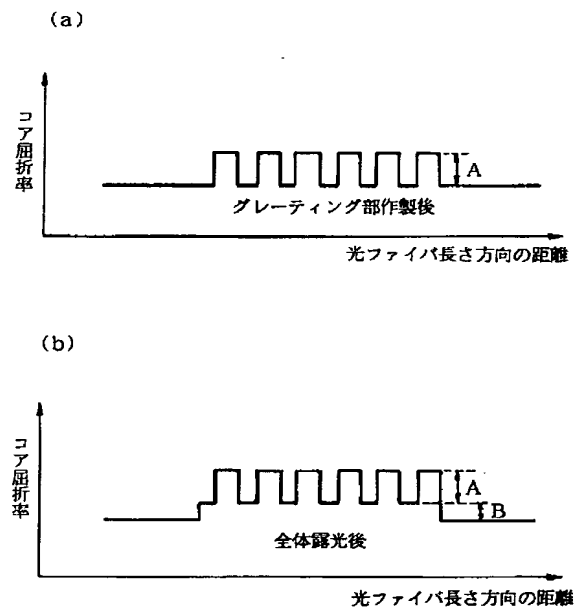
【図1】



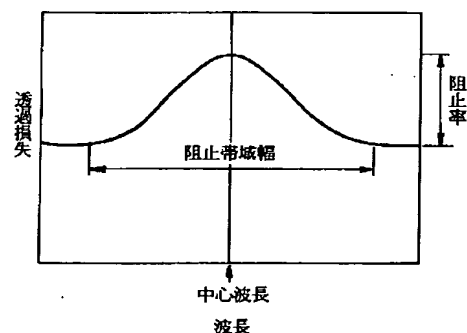
【図3】



【図2】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 奥出 聡

千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジ
クラ佐倉工場内

※ (72)発明者 須藤 正明

千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジ
クラ佐倉工場内

※

(72)発明者 酒井 哲弥
千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジ
クラ佐倉工場内

(72)発明者 和田 朗
千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジ
クラ佐倉工場内
(72)発明者 山内 良三
千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジ
クラ佐倉工場内